

ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA ACS Y CALEFACCIÓN

RESUMEN

Alumno: Talía Cardeñosa Fernández
Universidad: Degli Studi Roma Tre
Tutor: Aldo Fanquiotti
Fecha de lectura: 17 julio 2009

1. INTRODUCCIÓN

La motivación de este proyecto viene generada por la necesidad de un cambio en los hábitos de consumo energético que existen en la actualidad. El consumo global de energía crece cada año mientras las reservas de combustibles fósiles disminuyen, lo que genera constantes cambios en la economía. Esto es una de las principales causas que estimulan la utilización de energías renovables, con el fin de disminuir el uso de combustibles fósiles, disminuyendo así la dependencia de los países productores.

Otra razón importante es la reducción de gases contaminantes emitidos a la atmósfera. Se han creado diferentes tratados con el fin de reducir estas emisiones, pero no se están llevando estrictamente a cabo y la emisión de gases aumenta cada año.

En los países desarrollados este crecimiento se debe principalmente al sector residencial, suponiendo el agua caliente sanitaria y la calefacción un 25% de la energía primaria de consumo.

Por lo tanto el objetivo del proyecto es estudiar la posible aplicación de una instalación solar térmica para afrontar la demanda de agua caliente sanitaria y calefacción y su posterior diseño siguiendo la legislación española vigente (CTE Y RITE).

2. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

Una instalación solar térmica está constituida por colectores de radiación solar, que transforman dicha radiación en energía térmica. La energía es transferida a un fluido de trabajo y finalmente almacenada en dicho fluido o transferida a otro fluido para su posterior uso en los puntos de consumo.

Los sistemas encargados de utilizar la energía térmica para el uso de agua caliente sanitaria son:

- a) Un sistema de captación formado por colectores, responsables de la transformación de la radiación solar incidente en energía térmica que calienta el fluido de trabajo que fluye a través de dichos colectores.
- b) Un sistema de acumulación consistente en uno o más tanques que almacenan el agua caliente hasta su utilización.
- c) Un circuito hidráulico formado por tuberías, bombas, válvulas, etc. que es el responsable de establecer el movimiento del fluido caliente al sistema de acumulación.
- d) Un sistema de intercambio que transfiere la energía capturada del circuito de colectores, o circuito primario, al agua caliente de consumo.
- e) Un sistema de control y regulación responsable por un lado de asegurar la máxima energía térmica posible y por otro actuar como protector contra factores de sobrecarga del sistema, etc.
- f) Adicionalmente, existe un equipo auxiliar que se utiliza como complemento del la energía solar con el fin de satisfacer la demanda, asegurando continuidad de agua caliente en caso de baja radiación solar o mayor demanda que la esperada.

3. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

El edificio a estudiar es un bloque de pisos de cinco plantas con veinte viviendas (4 en cada planta) y una planta subterránea con veinte plazas de garaje y veinte trasteros. La planta subterránea consta de una superficie de 684.71 m². Las viviendas tienen entre 79 y 88 m² y todas ellas cuentan con tres dormitorios y dos cuartos de baño.

1. Ocupación del edificio

Siguiendo las instrucciones del HE4, se asocia un número de personas por vivienda en función del número de dormitorios. Para viviendas con tres dormitorios corresponde un número de cuatro personas por vivienda. Como tenemos veinte viviendas, la ocupación del edificio es de ochenta personas.

En la misma sección del documento HE4 se representa una tabla en la que se asigna para viviendas unifamiliares 22 litros de ACS al día por persona (a una temperatura de 60°C).

Con este dato, es posible calcular la demanda total de ACS del edificio.

$$Q = N(\text{personas}) \cdot Q'(\text{litros ACS} / \text{día}) = 80 \cdot 22 = 1760 \text{ litros} / \text{día}$$

2. Descripción del emplazamiento.

El edificio se encuentra en Leganés, Madrid correspondiendo con la zona IV en el mapa de áreas climáticas. Siguiendo el CTE obtenemos el mínimo factor solar de contribución que en este caso es del 60%.

Los datos de la radiación solar horizontal deben ser modificados con el fin de representar la situación real en función de la latitud, la inclinación de los colectores y el ángulo de azimut.

Tomamos como ángulo de inclinación de los colectores 45° y comprobamos que para ese valor las pérdidas son aceptables. Utilizando el factor de corrección para 45° obtenemos la radiación solar media en (W/m²).

Madrid	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Agst	Sept	Oct	Nov	Dec	Annual
I (W/m ²)	351	468	409	480	448	432	496	528	512	518	382	378	492

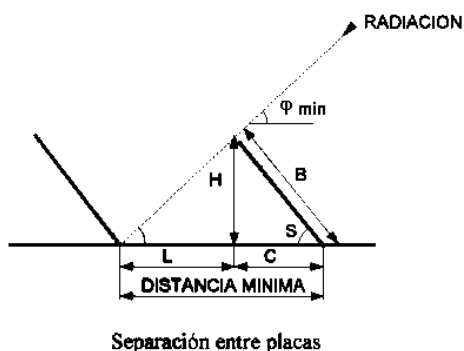
Tabla 1. Radiación media horizontal en W/m² para cada mes.

3. Cálculo del máximo número de paneles.

En vistas a la disposición del edificio, calculamos el número máximo de paneles que podríamos colocar en el tejado. Para ello debemos calcular la mínima distancia entre paneles.

$$\operatorname{tg} \varphi_{\min} = \frac{H}{L} = \frac{B \times \sin S}{\operatorname{Dist}_{\min} - B \times \cos S}$$

$$\operatorname{Dist}_{\min} = B \times \cos S + \frac{B \times \sin S}{\operatorname{tg} \varphi_{\min}}$$



Donde:

S=inclinación del panel

B= longitud del panel

φ = ángulo mínimo de incidencia (para la latitud de Madrid este ángulo es de 20°)

De esta manera obtenemos una distancia mínima de 5,3m, lo que con las dimensiones del edificio nos permite un total de 44 paneles.

4. CARGAS TÉRMICAS

4.1 Cargas de transmisión

La ecuación utilizada para calcular las cargas de transmisión es:

$$Q^T = A \cdot U \cdot \Delta t_e$$

- Tejado o pared exterior: $\Delta t_e = T_{SE} - T_{SL}$
- Ventana exterior o puerta: $\Delta t_e = T_{SE} - T_{SL}$
- Tejado, pared, ventana o puerta en contacto con una habitación no climatizada
$$\Delta t_e = \frac{T_{SE} + T_{SL}}{2} - T_{SL}$$
- Tejado, pared, ventana o puerta en contacto con una habitación climatizada
$$\Delta t_e = T_{otherplace} - T_{SL}$$

Los cálculos de U corresponden a la resistencia global. Podemos distinguir cinco coeficientes globales de transmisión: uno de las paredes exteriores, otro del tejado, otro correspondiente a las pérdidas del suelo y por último el correspondiente a las ventanas y puertas.

Q _T (kW)	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Agst	Sept	Oct	Nov	Dec
	-13,9	-12,0	-8,1	-6,1	-1,8	5,0	7,6	7,3	2,4	-3,2	-10,0	-13,6

Tabla 2. Resultados de las cargas de transmisión.

4.2 Cargas de ventilación

Son las referidas al poder calorífico introducido debido al hecho de tener dos fluidos a diferente temperatura.

$$Q^{VENT} = V_{vent} \cdot \rho \cdot Cp \cdot (T_{SE} - T_{SL}) \cdot F_{simultaneousness}$$

Donde:

V_{vent} : Volumen de aire de cada persona y tiempo (l/s). Valor requerido por aspectos de salud en el CTE. 12,5 l/s

Cp: Calor específico del aire a temperatura exterior (1KJ/Kg°C)

ρ : Densidad del aire de ventilación a temperatura exterior (1.3 kg/m³)

$F_{simultaneousness}$: Factor de simultaneidad. Representa la ocupación media real del edificio.

Tomamos un valor $F_{simultaneousness} = 0.75$

Q^{VENT} (kW)	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Agst	Sept	Oct	Nov	Dec
	-14.4	-13.2	-10.8	-8.5	-4.8	-0.3	3.3	2.8	-0.48	-6.1	-11.3	-14.2

Tabla 3. Resultados de las cargas de ventilación.

4.3. Cargas de infiltración

Representan la potencia introducida o extraída a través de casos estructurales como: huecos entre suelo y puertas, defectos de asilamiento, mal sellado de ventanas, materiales porosos, etc. Simplificaremos estas cargas evaluándolas como el 20% de las cargas de transmisión del edificio.

$$Q^{INF} = 0.2 \cdot Q^T$$

Q^{INF} (kW)	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Agst	Sept	Oct	Nov	Dec
	-2,8	-2,4	-1,6	-1,2	-0,4	1,0	1,5	1,4	0,5	-0,6	-2,0	-2,7

Tabla 4. Resultados de las cargas de infiltración.

4.4 Factor de seguridad

Es necesario incluir un factor de seguridad para sobredimensionar la instalación y compensar posibles desajustes en las estimaciones y en las condiciones de operación y también por las pérdidas debidas a la circulación del fluido a través de las tuberías y los diferentes elementos de la instalación.

El factor se compone de dos valores:

Factor de cargas de la instalación: $K_{inst} = 6\%$

Factor de seguridad: $K_{security} = 5\%$

Con lo que la ecuación final es:

$$Q^{TOT} = (Q^T + Q^{VENT} + Q^{INF}) \cdot (1 + K_{inst} + K_{security})$$

Y los resultados obtenidos para cada mes son:

Q^{TOT} (kW)	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Agst	Sept	Oct	Nov	Dec
	-34.5	-30.6	-22.7	-17.5	-7.8	6.3	13.7	12.8	2.7	-11.0	-25.9	-33.8

Tabla 5. Resultados de las cargas totales.

5. SISTEMA DE AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS).

5.1 Dimensionamiento para una instalación media anual.

En una primera aproximación, utilizamos valores medios anuales de radiación y temperaturas sin tener en cuenta las pérdidas y así obtendremos un primer resultado que nos servirá de guía en cuanto al número de colectores y temperaturas en los diferentes puntos de la instalación. Estos datos nos servirán para sucesivas iteraciones.

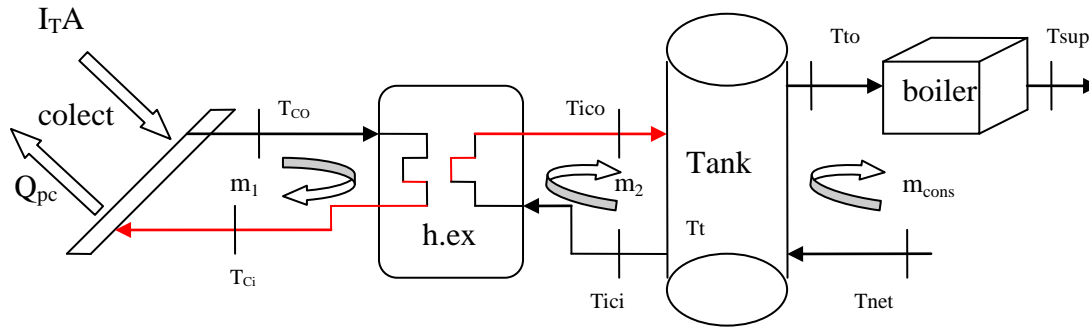


Figura 1. Esquema de la instalación solar para ACS.

El problema a resolver tiene siete incógnitas:

- 1.- Temperatura interior en los colectores (T_{ci})
- 2.- Temperatura exterior en los colectores (T_{co})
- 3.- Temperatura interior del intercambiador (T_{ici})
- 4.- Temperatura exterior del intercambiador (T_{ico})
- 5.- Temperatura externa del tanque (T_{to})
- 6.- Temperatura media del tanque (T_t)
- 7.- Área de los colectores (A)

Por lo tanto para resolver el problema necesitamos siete ecuaciones.

1. Balance de energía en el colector solar.

$$\frac{dEc}{dt} = I_T \cdot A - Q_{pc} - m_1 \cdot C_{p1} \cdot (T_{co} - T_{ci})$$

$$\eta_{co} = \frac{Q_u}{I_T \cdot A} = \frac{m_1 \cdot C_{p1} \cdot (T_{co} - T_{ci})}{I_T \cdot A} = 1 - \frac{Q_{pc}}{I_T \cdot A}$$

Primera ecuación del sistema

$$m_1 \cdot C_{p1} \cdot (T_{co} - T_{ci}) = I_T \cdot A \cdot \left(a_0 - a_1 \cdot \left(\frac{T_{ci} - T_{co}}{I_T} \right) \right)$$

2. Balance de energía en el intercambiador.

$$m_1 \cdot C_{p1} \cdot (T_{co} - T_{ci}) = m_2 \cdot C_{p2} \cdot (T_{ico} - T_{ici})$$

3. Eficiencia del intercambiador.

$$\varepsilon_{IC} = \frac{m_2 \cdot Cp_2 \cdot (T_{ico} - T_{ici})}{C_{\min} \cdot (T_{co} - T_{ici})}$$

4. Contribución solar anual mínima

$$f = \frac{m_{cons} \cdot Cp_{cons} \cdot (T_{to} - T_{net})}{m_{cons} \cdot Cp_{cons} \cdot (T_{sup} - T_{net})} = \frac{(T_{to} - T_{net})}{(T_{sup} - T_{net})}$$

5. Balance de energía en el tanque.

$$m_2 \cdot Cp_2 \cdot (T_{ico} - T_{ici}) = m_{cons} \cdot Cp_{cons} \cdot (T_{to} - T_{net})$$

6. Grado de estratificación del tanque.

$$E_T = \frac{T_{to} - T_t}{T_{ico} - T_t}$$

7. Temperatura media del tanque

$$m_2 \cdot Cp \cdot T_{ico} + m_{cons} \cdot Cp \cdot T_{net} = (m_2 + m_{cons}) \cdot C_p \cdot T_t$$

$$T_t = \frac{m_2 \cdot T_{ico} + m_{cons} \cdot T_{net}}{m_2 + m_{cons}}$$

Si ahora resolvemos las ecuaciones anteriores con el programa MathCad (Anexo I), obtenemos los siguientes resultados:

Tci	318 K
Tco	321 K
Tici	317 K
Tico	320 K
Tto	318 K
Tt	317 K
A	33 m ²

Tabla 5. Resultado del sistema de ecuaciones.

Por lo tanto, el número de colectores necesarios, tras esta primera iteración es:

$$n = \frac{A}{A_1} = \frac{33.4}{2} = 16.7$$

Por tanto se necesitarán 17 paneles.

5.2. Cálculo de las dimensiones de la instalación de ACS.

Después de la primera estimación, se realiza un análisis para cada mes de las temperaturas y de la fracción solar obtenida. (Véase apéndice II).

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Agst	Sept	Oct	Nov	Dec
Tci	26.8	37.0	41.8	48.6	51.0	56.5	66.9	71.1	59.3	50.0	34.9	26.8
Tco	29.1	40.0	44.1	51.3	53.5	58.8	69.5	73.7	62.2	53.1	37.1	29.3
Tci	26.3	36.3	41.2	47.9	50.4	55.9	66.3	70.4	58.6	49.2	34.3	26.2
Tico	28.4	39.1	43.4	50.6	52.8	58.2	68.8	73.0	61.4	52.2	36.5	28.7
Tto	27.0	37.2	42.0	48.8	51.1	56.6	67.1	71.2	59.4	50.2	35.0	27.0
Tt	26.3	36.4	41.3	48.0	50.4	55.9	66.4	70.4	58.7	49.3	34.5	26.3
f	0.39	0.57	0.64	0.77	0.82	0.93	1.15	1.24	0.99	0.80	0.51	0.39

Tabla 6. Resultados del sistema de ecuaciones para cada mes.

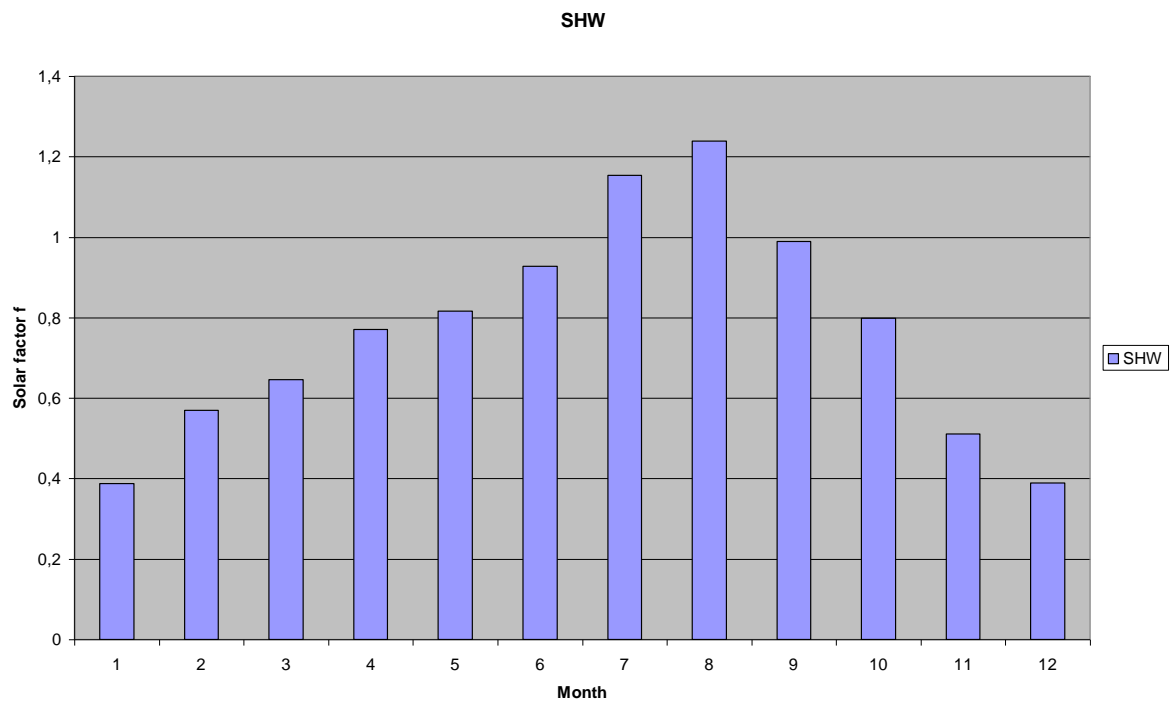


Figura 2. Gráfico que representa el factor solar de ACS cada mes.

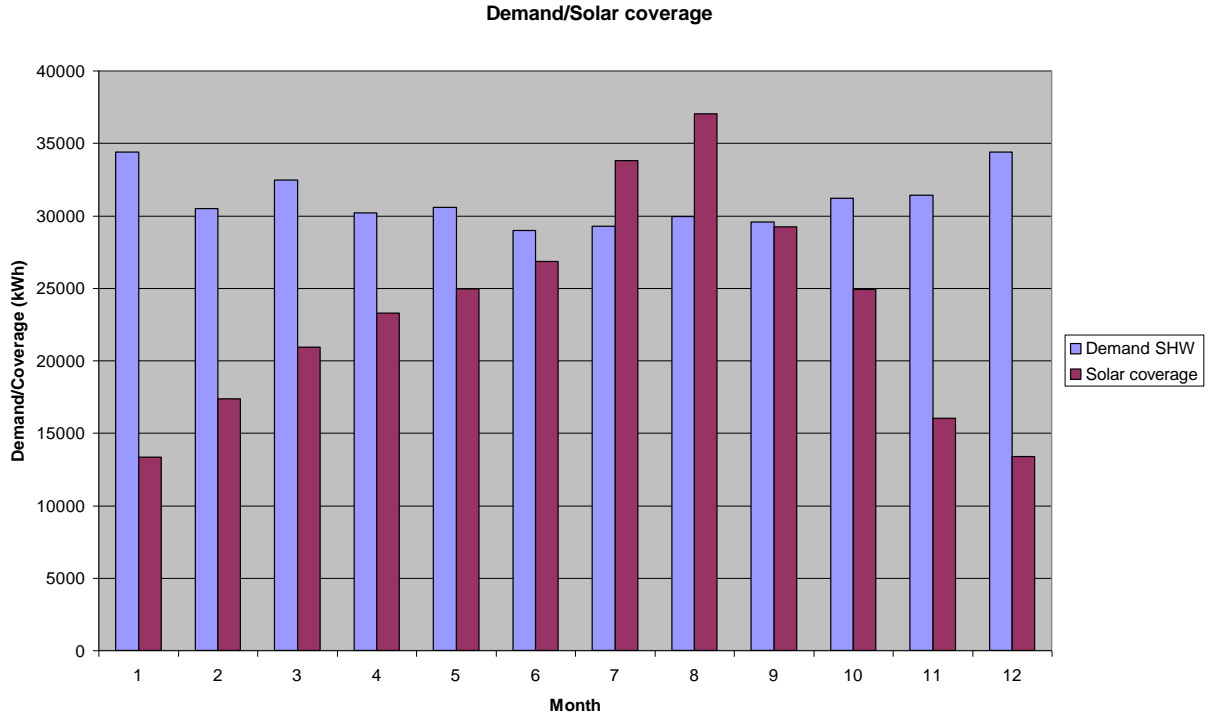


Figura 3. Gráfico de la demanda total y la cubierta por la instalación solar cada mes.

5.3 Cálculo de elementos auxiliares para la instalación de ACS.

Debido a que es imposible garantizar la demanda total de ACS, es necesaria la implantación de un dispositivo auxiliar que permita aumentar la temperatura del agua a 60°C

1. Caldera auxiliar.

En primer lugar se calcula la potencia de la caldera y después escogemos el modelo existente en el mercado que mejor se ajuste a nuestras necesidades.

La caldera auxiliar debe cubrir la demanda no satisfecha con la instalación solar.

$$f^{SHW}_{boiler} = 1 - f_{SHW}$$

$$Q^{SHW}_{boiler} = m_{cons} \cdot Cp_{cons} \cdot (T_{sup} - T_{red}) \cdot f^{SHW}_{boiler}$$

f^{SHW}_{boiler}	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Agst	Sept	Oct	Nov	Dec
	0.61	0.43	0.35	0.23	0.18	0.07	0	0	0.01	0.20	0.49	0.61

Tabla 7. Factor solar de la caldera auxiliar.

Q^{SHW}_{boiler} (kW)	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Agst	Sept	Oct	Nov	Dec
	5.19	3.66	2.98	1.95	1.53	0.59	0	0	0.08	1.70	4.17	5.19

Tabla 8. Potencia suministrada por la caldera auxiliar.

La potencia más alta que debe proporcionar la caldera son 5190 W en el mes de enero.

2. Intercambiador de calor.

Para transferir energía sin intercambio de masa del circuito primario al secundario necesitamos un intercambiador de calor.

El número de placas del intercambiador lo calcularemos a partir de dos métodos: NTU y diferencia de temperaturas.

$$NTU = \frac{\ln\left(\frac{1 - Cr \cdot \varepsilon_{heat-exchanger}}{1 - \varepsilon_{heat-exchanger}}\right)}{1 - Cr}$$

$$NTU = \frac{U_{heat-exchanger} \cdot n_{heat-exchanger} \cdot A_{usefull}}{(m \cdot Cp)_{min}}$$

Una vez se han calculado todos los parámetros de las ecuaciones anteriores, se obtiene el número de placas necesario: $n_{heat-exchanger} = 35 \text{ placas}$

Se comprueba que el intercambiador de calor puede transferir la potencia necesaria.

$$Q = U_{heat-exchanger} \cdot n_{heat-exchanger} \cdot A_{useful} \cdot \Delta T_{ln}$$

Donde:

$$U_{heat-exchanger} = 2105 (W / K \cdot m^2) \quad \text{Obtenido anteriormente}$$

$$n_{heat-exchanger} = 35$$

ΔT_{ln} : diferencia logarítmica de temperaturas

$$\Delta T_{ln} = \frac{(T_{co} - T_{ci}) - (T_{ico} - T_{ci})}{\ln\left(\frac{T_{co} - T_{ci}}{T_{ico} - T_{ci}}\right)} = 3.91$$

$$Q = 17975 \text{ W}$$

Por tanto, se satisface la demanda de ACS ($Q=15804\text{W}$).

3. Disipador de calor.

Como en julio y agosto existe un exceso de calor en la instalación de ACS, es necesario añadir un disipador de calor. Este disipador debe evacuar el calor sobrante durante estos meses (2.3kW and 3.7 kW). En este caso se utilizará un fan-coil colocado en el tejado.

6. SISTEMA DE CALEFACCIÓN

El sistema de calefacción que se estudia es mediante suelo radiante, con tubos de polietileno bajo el pavimento, por los que circula agua caliente a unos 40°C.

6.1 Diseño del sistema de suelo radiante

En primer lugar calculamos la temperatura de la superficie del suelo necesaria para calentar las viviendas. Como la transferencia de calor del suelo a la habitación es principalmente por radiación, calculamos la temperatura con la siguiente expresión.

$$T_{pav} = T_{SL} + \frac{q}{\alpha}$$

T_{pav} : Temperatura de la superficie del suelo

T_{SL} : Temperatura de confort de la habitación (21°C)

q : Demanda de calor por unidad de área (W/m²)

α : Calor transferido por radiación (12 W/ m²K)

Calculamos la temperatura de impulsión del agua

$$T_{imp} = T_{pav} + \Delta T$$

Donde:

T_{imp} : Temperatura de impulsión de agua en los circuitos de radiación (°C).

T_{pav} : Temperatura necesaria en la superficie (°C).

ΔT : Diferencia de temperaturas entre T_{imp} y T_{pav} (9°C)

T_{imp} (°C)	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Agst	Sept	Oct	Nov	Dec
	31.6	31.4	31.1	30.8	30.4	-	-	-	-	30.5	31.2	31.6

Tabla 9. Resultados de la temperatura de impulsión.

Se estimará la temperatura de retorno como 10°C menos que la temperatura de impulsión.

$$T_{ret} = T_{imp} - 10^\circ C$$

Se calcula el caudal de agua necesario para calentar el edificio.

$$m_{heating} = \frac{Q^{TOT}}{Cp_{water} \cdot (T_{imp} - T_{ret})}$$

$m_{heating}$ (l/h)10 ³	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Agst	Sept	Oct	Nov	Dec
	2.97	2.63	1.95	1.51	0.67	-	-	-	-	0.95	2.23	2.91

Tabla 10. Resultados del caudal de agua necesario en el sistema de calefacción.

6.3 Cálculo de la instalación solar para calefacción.

El esquema de la instalación de calefacción tendrá varias similitudes con el diseñado anteriormente para ACS.

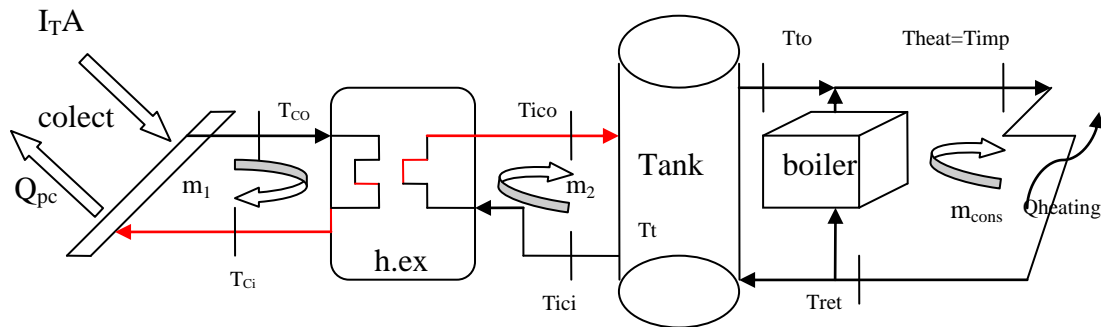


Figura 4. Esquema de la instalación solar para calefacción.

Las diferencias con respecto al sistema de ACS son las siguientes:

- La caldera auxiliar se instala en paralelo en lugar de en serie.
- Circuito cerrado de agua en el secundario, ya que no hay agua de consume.
- No existe entrada de agua de la red (excepto para pérdidas en el circuito secundario).

Resolviendo las ecuaciones del sistema planteado obtenemos el número de colectores $n=158$. Este resultado es muy alto e imposible de instalar. Madrid no es una ciudad óptima para instalar un sistema de calefacción por radiación solar debido al clima, además el edificio presenta una gran demanda energética debido a la cantidad de gente que habita en él.

Como el máximo número de paneles que podemos colocar es 44, y se han utilizado 17 para el sistema de ACS, hacemos los cálculos para 27 colectores y estudiamos el factor solar.

f_{heating}	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Agst	Sept	Oct	Nov	Dec
	0.039	0.065	0.108	0.176	0.395	-	-	-	-	0.236	0.068	0.037

Tabla 11. Resultados del factor solar para calefacción (23 colectores).

f_{heating}	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Agst	Sept	Oct	Nov	Dec
	0.29	0.50	0.72	1.09	1.87	-	-	-	-	1.40	0.48	0.28

Tabla 12. Resultados del factor solar para calefacción (158 colectores).

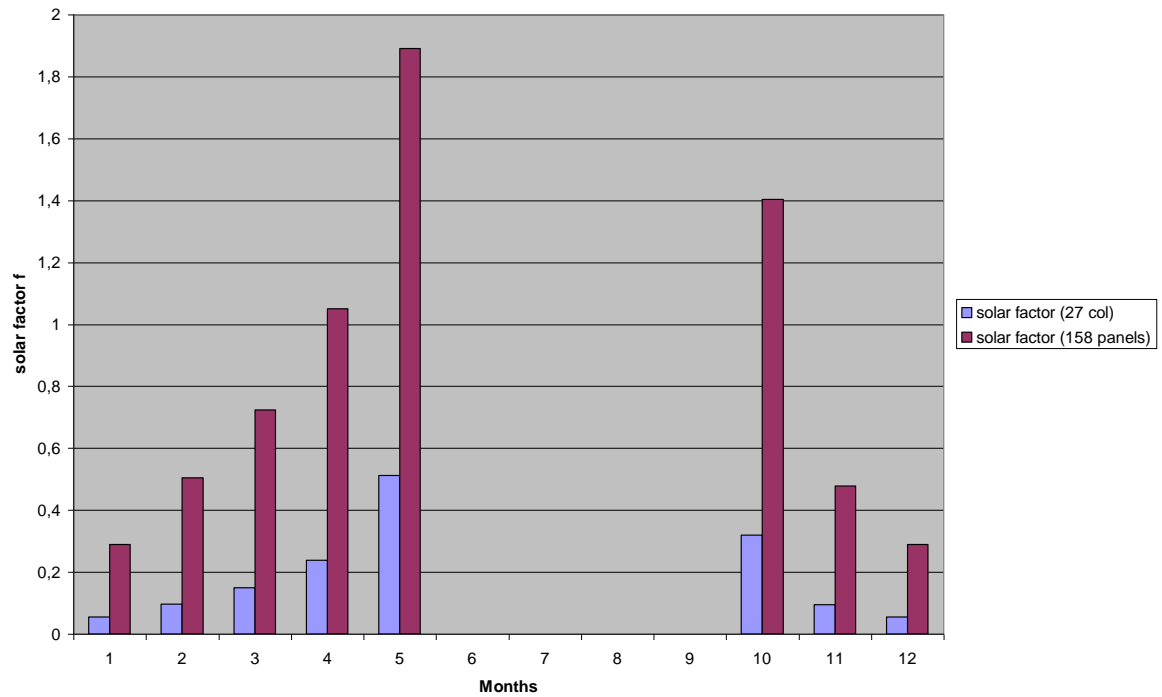


Figura 5. Gráfico que representa el factor solar de calefacción cada mes.

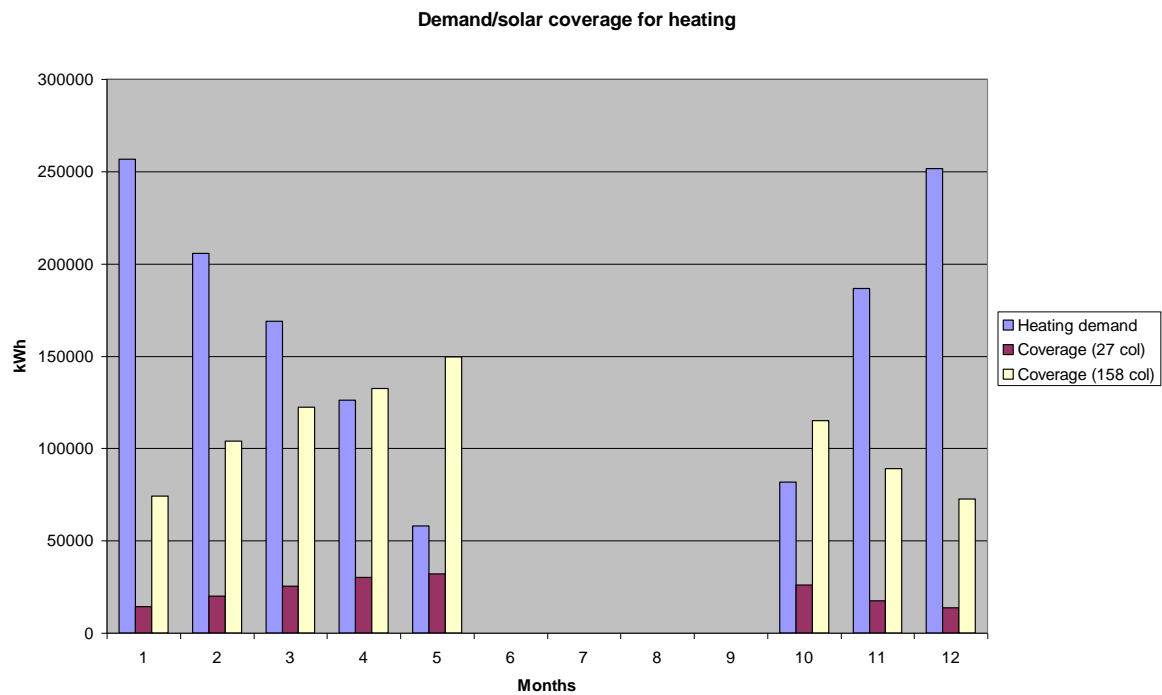


Figura 6. Gráfico de la demanda total de calefacción y la cubierta por la instalación solar.

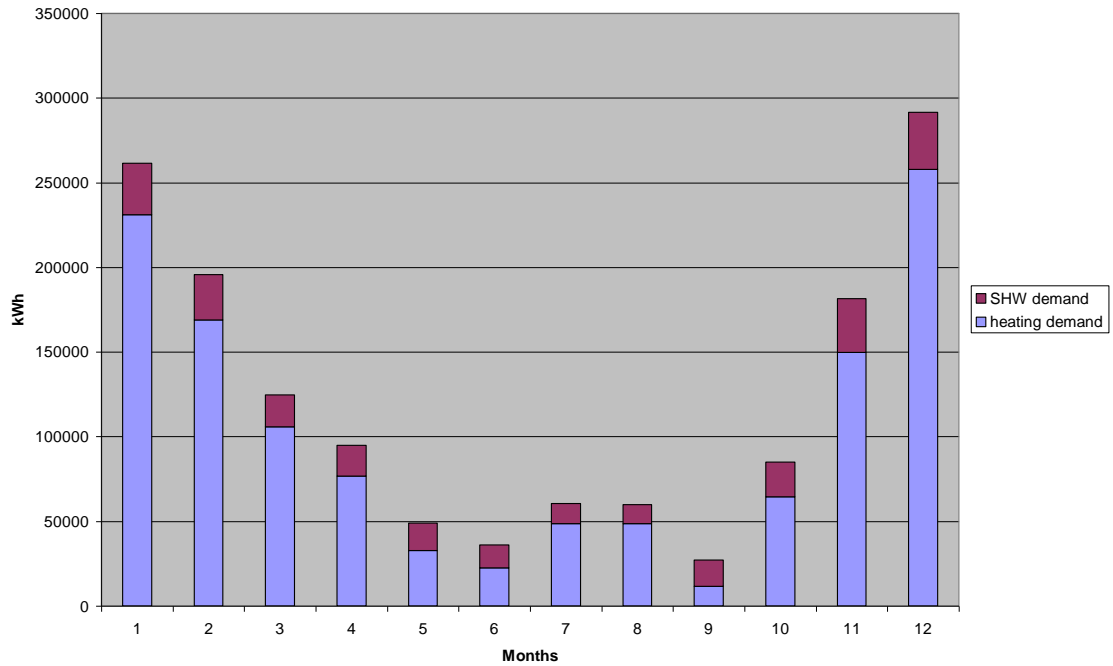


Figura 7. Gráfico de la demanda total del edificio.

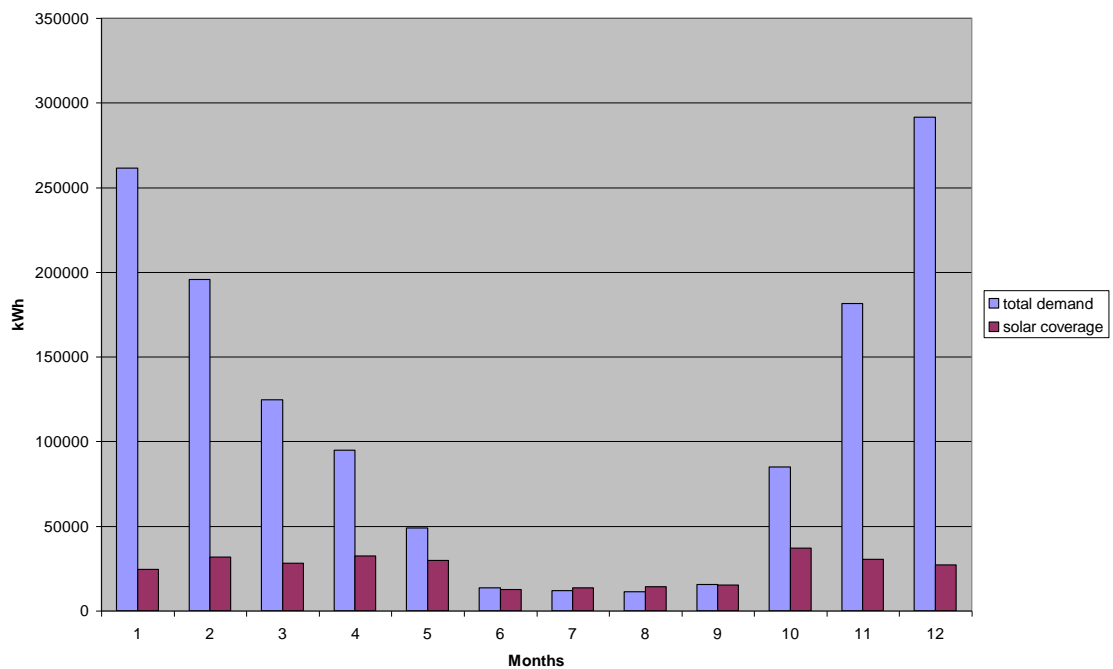


Figura 8. Gráfico de la demanda total y la cubierta por la instalación solar.

El CTE exige un factor medio anual de 0,7 lo que se aleja mucho de lo que obtenemos en el caso de la instalación de calefacción con 23 colectores.

Además, como se puede observar en las gráficas, se necesitarían demasiados colectores para obtener buenos resultados para calefacción. Esto es debido principalmente a la gran demanda de calefacción en el edificio y a las condiciones

climáticas del emplazamiento (temperaturas muy bajas en invierno). Como solo se pueden instalar 23 paneles para cubrir la demanda de calefacción y el ahorro económico y energético no va a ser considerable (además la instalación se utilizaría solo 8 meses al año), se decide no llevar a cabo la aplicación de calefacción y desarrollar solo la instalación de ACS.

7. ESTUDIO ECONÓMICO

COMPONENT	UNITARY COST	NUMBER OF UNITS	TOTAL COST
Colector APOLO high efficiency	740 €	17	12580 €
Intercambiador (VIESSMAN)	580 €	1	580 €
Tanque	560 €	1	560 €
Caldera (Salvador Escoda)	2.250 €	1	2250 €
Bombas (GRU NDFOS)	600 €	3	1800 €
Tuberías (TUBEX)	6000 €	500 m	6000 €
Disipador (FRIGA BOHN)	1100 €	1	1100 €
TOTAL			24870 €

Tabla 13. Costes derivados de la instalación de ACS.

8. ESTUDIO MEDIOAMBIENTAL

La reducción de emisiones se produce debido a la disminución del uso de combustibles fósiles.

Para calcular las emisiones se utilizan coeficientes que relacionan la energía consumida en kWh con la producción de CO₂ en kg.

$$EmissionsCoefficient_{NaturalGas} = 0,2 \frac{kgCO_2}{kWh}$$

$$EmissionsCoefficient_{DieselOil} = 0,27 \frac{kgCO_2}{kWh}$$

$$EmissionsCoefficient_{Electricity} = 0,649 \frac{kgCO_2}{kWh}$$

El ahorro se produce por la reducción de combustible fósil en la caldera para producir ACS. Teniendo en cuenta que el rendimiento de la caldera es $\eta_{bioler} = 0.9$, podemos calcular la energía y las emisiones de CO₂ ahorradas.

$$h_{boiler} = h_{use} \cdot \%t_{work} = 10h/day \cdot 60\% = 6h/day$$

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Agst	Sept	Oct	Nov	Dec
E _{saved} (kWh) 10 ³	13,1	17	13,4	15,7	14,6	13,9	15,2	15,6	16,8	18,3	18,1	14,6
CO ₂ (kg)	2618	3408	2683	3148	2923	2798	3041	3131	3378	3670	3612	2917

Tabla 14. Energía ahorrada y CO₂ no emitido con el sistema de ACS.

Para el sistema de calefacción se tiene:

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Agst	Sept	Oct	Nov	Dec
E _{saved} (kWh) 10 ³	3,9	6,1	7,0	8,6	9,2	0	0	0	0	7,2	5,0	3,7
CO ₂ (kg)	784	1226	1407	1721	1840	0	0	0	0	1450	1006	754

Tabla 15. Energía ahorrada y CO₂ no emitido con el sistema de calefacción.

La energía ahorrada es: 50700kWh tres veces menos que para el sistema de ACS. Esta energía supone un ahorro de 2083€/año. Esta cantidad es muy pequeña si la comparamos con los costes totales de instalación y teniendo en cuenta que debemos añadir los costes del suelo radiante, que son altos. Por lo tanto para este edificio, la instalación solar tundra solo aplicación para ACS.

9. CONCLUSIONES

El objetivo de este estudio era analizar de forma técnica, económica y ambiental, la utilización de un sistema de energía solar para aplicaciones de ACS y calefacción.

La situación del edificio, (Leganés, Madrid) impone unos datos climáticos adecuados para la aplicación de ACS, ya que es posible satisfacer la demanda. En el caso de la aplicación de calefacción nos encontramos con dos problemas: uno es la gran demanda del edificio debido a la cantidad de gente que habita en él (80 personas), y el otro son las frías temperaturas en invierno que presenta el lugar de emplazamiento, lo que conlleva a grandes pérdidas de calor a través del ambiente, unido a la baja radiación solar en invierno.

Por tanto, de instalación solar, conllevará únicamente una aplicación de ACS, que consistirá en aumentar la temperatura del agua de consume hasta 60 °C mediante 17 colectores, obteniendo los siguientes resultados.

ACS	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Agst	Sept	Oct	Nov	Dec
Demanda (10 ³ kWh)	36.9	36.2	34.9	33.5	32.8	32.2	31.5	32.2	32.8	33.5	34.9	36.9
Contribución solar (10 ³ kWh)	14.3	20.7	22.5	25.8	26.8	29.8	31.5	32.2	32.5	26.8	17.8	14.4
Contribución caldera (10 ³ kWh)	22.6	15.5	12.4	9.7	6	2.4	0	0	0.3	6.7	17.1	22.5
Fracción solar	0.39	0.57	0.64	0.77	0.816	0.927	1.15	1.24	0.99	0.80	0.51	0.39

Tabla 16. Resumen de los resultados obtenidos para ACS.